

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-198174

(43)Date of publication of application : 01.09.1987

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

G02B 6/42

(21)Application number : 61-039673

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 25.02.1986

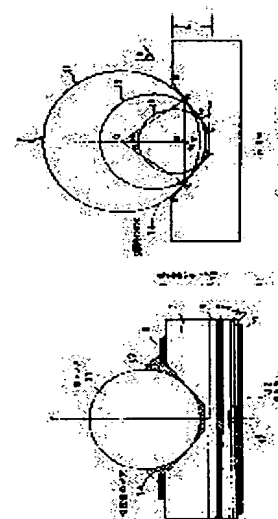
(72)Inventor : YAMAZOE YOSHIMITSU

(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To readily and accurately position a spherical lens of any diameter as a light condensing system by forming the positioning hole of an approximately conical or pyramidal shape in a rotary symmetry with respect to a central normal through a light emitting unit on the emitting surface of a light emitting element chip, and engaging fixedly the lens with the positioning hole.

CONSTITUTION: A positioning hole 14 of an inverted conical shape of rotary symmetry with respect to a central normal I erected perpendicularly to the surface of a light emitting element is opened at a light emitting unit 12 as a center. Here, the inclination of the bus with respect to the horizontal surface is represented by θ . When the maximum spherical lens O is contacted with oblique surfaces EF, GH at Q, R, the locus of the contact is a circular having a diameter of QR. The stability of the positioning can be evaluated by the value obtained by dividing a distance (e) from the contacting circle QR to the lowermost point N by the diameter (b) of the spherical lens holding $S = \sin^2(\theta/2)$. When the lens is engaged with the conical positioning hole, the stability S of the positioning is constant only by the inclining angle θ at any diameter.



Best Available Copy

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A) 昭62-198174

⑤ Int. Cl.⁴H 01 L 33/00
G 02 B 6/42

識別記号

庁内整理番号

M-6819-5F
7529-2H

④ 公開 昭和62年(1987)9月1日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全9頁)

⑬ 発明の名称 半導体発光素子

① 特 願 昭61-39673

② 出 願 昭61(1986)2月25日

⑭ 発 明 者 山 添 良 光 大阪市此花区島屋1丁目1番3号 住友電気工業株式会社
大阪製作所内

⑮ 出 願 人 住友電気工業株式会社 大阪市東区北浜5丁目15番地

⑯ 代 理 人 弁理士 川瀬 茂樹

明 細 書

1 発明の名称

半導体発光素子

2 特許請求の範囲

- (1) p n 接合を有し電流を流すことによつて内部の発光部から光を発生し、表面に直角な方向に光を出射する発光素子チップと、出射された光を集光する球レンズとよりなり、発光素子チップの出射面には略円錐又は略角錐形状の位置あわせ穴が前記発光部を通り表面に直角な中央法線に関し回転対称となるように形成されており、前記球レンズは該位置あわせ穴に嵌入し球レンズの一部が位置あわせ穴の斜面に接触した状態で固定されている事を特徴とする半導体発光素子。

- (2) 位置あわせ穴の表面に対する傾斜角 θ が 55° 以下である事を特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の半導体発光素子。

3 発明の詳細な説明

㌦ 技 術 分 野

この発明は、半導体発光素子の改良に関する。さらに詳しくいえば、出力光を集光するための球状レンズを発光面に備え、この球状レンズを発光部に対して、極めて容易に位置合わせできる半導体発光素子を提供しようとするものである。

(1) 従来技術とその問題点

第6図～第9図によつて、従来技術と、その問題点を説明する。

第6図は特開昭53-4489に於て、提案されたレンズを有する半導体発光素子の斜視図である。第7図はそのA-A断面図である。

本発明は、球レンズを有効な方法で位置ぎめするところに特徴があり、発光素子の層構造そのものは既知のものをを用いる。発光素子チップ16についてまず説明する。

最下層から、電極1、 Si_3N_4 膜2、InGaAsPコンタクト層3、p型InPクラッド層4、InGaAsP活性層5、n型InPクラッド層6、InP基板7、電極8よりなる発光素子チップ16である。

下層の電極1は、中央の狭い電極部分17から

電流を半導体チップに注入するようになっているから、活性層5の中央の狭い部分のみが発光部12となる。

発光部12から、光が上方に向かつて出射される。この発光素子は、面発光タイプの素子である。発光ダイオードに於ては、最も普通の発光方向である。本発明に於て、発光素子というのは、発光ダイオードとレーザダイオードを含むものとする。

発光の方向は光軸13に関して、かなり拡がっているが、球レンズ11を出射光の側に設けているから、出射光が集光されて、光側13にそう光となる。このような集光された光は、シングルモードファイバなど、コア径の小さなファイバへも効果的に入射する事ができる。

このように、半導体発光素子の光を、光ファイバへ高効率に入射させるためには、球レンズを使う。球レンズのサイズは、光ファイバのサイズによつて異なるが、極めて小さいものである。

平坦なチップ面に球レンズを置いて樹脂で接着する、というのでは、位置ぎめが困難である。そ

明らかになつてきた。

球レンズの大きさは、使用する光学系に対して、様々の大きさのものが使用される。

例えば、長距離伝送路では、発光ダイオードの光出力を最大限に活用する必要がある。このため、光ファイバとの結合効率の良い直径200 μm (屈折率1.9)程度のレンズが使用される。

一方、コンピュータ機器間の通信の場合は、光コネクタによつて相互に結合され、光コネクタは頻繁にかつ容易に脱着されうるものでなければならぬ。この場合、レンズの焦点距離が長く、しかも光ファイバとの位置合わせ誤差の許容度の大きい直径400 μm 程度(屈折率1.9)のレンズを用いるのが望ましい。

この他にも、使用するファイバのコア径や開口数、光ファイバの端面が球状に加工されているかどうか、或は、結合効率を高めるため光ファイバとの間にもうひとつレンズを追加する場合などによつて、用いられるべき球レンズの直径は細かく変える必要がある。

こで、予め、チップの上面の中央で、発光部12の直上に当る領域に円形の位置合わせ穴14を設けておく。

この穴14の近傍に紫外線硬化樹脂10を塗布しておく。球レンズ11を位置合わせ穴14に置いて、穴の頂上15に球面が正しく接触するようにする。

この状態にしてから、紫外線を照射し、紫外線硬化樹脂10を硬化させる。こうして、レンズは、半導体チップ16と一体化する。

第7図に於て、球レンズ11は穴14の底面中心の一点と、穴の頂上15の円形辺とによつて支持される。位置は正しく決定され、安定である。

このような位置合わせ穴は、円板状の浅い穴である。穴は底面と、円周面からなるが、円周面の母線は光軸13に対して平行である。

位置合わせ穴の深さdは数ミクロンないし、数十ミクロンである。

このような直円柱の位置合わせ穴を穿つて位置決めする方法には、次のような欠点のあることが

このように、取付けるべき球レンズの大きさがひとつ決まっているのではなく、多様であるといふところに新たな問題が生じる。

第7図のような安定な位置決めがなされるためには、位置合わせ穴14の直径をa、深さをd、球レンズの直径をbとすると、

$$d = \frac{1}{2} (b - \sqrt{b^2 - a^2}) \quad (1)$$

或は、同じことであるが、

$$b = d + \frac{a^2}{4d} \quad (2)$$

の関係がなければならない。

あるサイズの球レンズに対し、(1)~(2)の関係が満たされたとしても、他の球レンズに対して、こういう関係はなりたたない。

球レンズのサイズbに合わせて、穴の深さd、直径aを変えるのがよい。しかし、このような穴は、マスクを使いホトエッチング法によつて形成

されるのであるから、同一ウェハから作られるチップに関して、 d 、 a を変えろという事は難しい。

位置あわせ穴の形状、寸法が共通である、という事が望ましい。

(ウ) 発明が解決しようとする問題点

位置あわせ穴14の深さ d 、直径 a を共通にしたとする。

たとえば球レンズ11の直径 b が小さいものであるとする。そうすると、第8図に示すように、球レンズ11が、位置あわせ穴14の中で動きろようになる。このためレンズ11が偏よつて固定される惧れがある。レンズ中心と発光部12を結ぶ光軸18が、チップ面に対して直角にならず、傾いてしまう。このような光軸のずれが生ずると、半導体素子の光が光ファイバコアの中へ殆ど入らない、という事になつてしまう。

このような問題を解決するには、予定される球レンズの直径のうち、最小の直径の球レンズに合わせた位置あわせ穴14を、半導体チップに穿つ

となる。つまり、位置決め安定性は (b_0/B) の2乗に比例して低減してゆくことになる。

そうすると、球レンズの直径に合わせた深さ d 、直径 a の位置あわせ穴を穿つ他はないという事になる。これは既に述べたように、半導体チップ上の多様な穴を造形することが難しい、という事がある。さらに、各種の穴の穿たれた多種類のチップを常時、在庫しておくか、又は直ちに製造できるようにしておく必要があり、きわめて繁雑である。

(エ) 目 的

集光系として必要などのような直径の球レンズであつても容易にしかも正確に位置決めできる構造の半導体発光素子を提供する事が本発明の目的である。

(オ) 構 成

この発明は、球レンズを用いて出力光を集光するようにした半導体発光素子に於て、半導体発光素子の発光部と球レンズとを光軸が一致するように位置あわせする穴を、円錐形の穴として、球レ

ておく、という方策が考えられる。

しかし、この場合、反対に大きい直径の球レンズを位置決めする事が困難になる。第9図にこれを説明する。最小直径の球レンズに合わせて、浅く、小さく形成された位置あわせ穴14は、大きな直径の球レンズに対しては、嵌合部が浅くなりすぎ、位置決めが正確に行なえない。

最小直径を b_0 、大きい直径の球レンズの直径を B とし、このレンズの位置あわせ穴14での嵌合量、つまり、沈みこみの量を d とすると、近似的に

$$d \cong \frac{b_0}{B} d \quad (3)$$

によつて表わされる。位置決め安定性を、沈みこみ d を直径 B で割つた値で評価できるので、最小直径をもつ球レンズに比べて、直径 B のレンズの位置決め安定性 S は、最小直径時の安定性を S_0 として、

$$S = \frac{d}{B} \cong \left(\frac{b_0}{B} \right)^2 S_0 \quad (4)$$

ンズが円錐形穴の斜面の途中で接触固定される事により、いかなる直径の球レンズであつても正しく位置決めできるようにしたものである。

円錐形のかわりに多角錐形としてもよい。円錐母線の面に対する傾き角 θ は 55° 以下であることが望ましい。つまり、軸線に対する傾き角 θ は 35° 以上とする。

ここで円錐といつても、正確な直線の母線を持つ円錐である必要はなく、ほぼ円錐形であればよいのである。

第1図は本発明の実施例にかかる半導体発光素子の縦断面図である。

発光素子チップ16の層構造は既に述べたものと同じである。最下層から並べると、

- 1 電 極
- 2 Si_3N_4 膜
- 3 InGaAsP コンタクト層
- 4 p型 InP クラッド層
- 5 InGaAsP 活性層
- 6 n型 InP クラッド層

7 InP 基板

8 電 極

のようになっている。下面の電極部分17が狭く制限されているので、発光部12が狭く限定される。

発光部12を中心として面に対して垂直に立てた中心法線 ℓ に対して回転対称の逆円錐形の位置あわせ穴14が穿たれている。

逆円錐穴であるから、底面で狭く、上面で広い穴である。こういう形状である事を前提として、以下簡単のため「逆」の字を省くこともある。

球レンズ11は、逆円錐面の途中で位置あわせ穴の傾斜面と接触している。

この状態で紫外線硬化樹脂10を硬化させてある。

円錐ではなく角錐にすると、球レンズを穴に押しつけた際、液体である樹脂10が容易に上方へ昇ってくるという長所がある。しかし、円錐形の穴の方が作製しやすいし、位置決め精度を高くしやすい。

をNとする。M、N、Oともに中心法線 ℓ の上にある。

OQとEFは直角をなし、EFは水平面に対し角 θ をなすから、 $\angle QOM = \angle ROM = \theta$ である。球レンズの直径をbとして、

$$OM = \frac{b}{2} \cos \theta \quad (5)$$

MN = eとする。球レンズの上端点をLとする。

$$e = ON - OM \quad (6)$$

つまり、

$$e = \frac{b}{2} (1 - \cos \theta) \quad (7)$$

位置決め安定性Sは、接触円QRから最下点Nまでの距離eを、球レンズ直径bで割った値によつて評価できる。

$$S = \frac{e}{b} \quad (8)$$

(効 作 用

第2図によつて説明する。円錐面の母線が直線であると仮定し、母線の水平面に対する傾きが θ 、母線の中心法線 ℓ に対する傾きが θ であるとする。

本発明の半導体発光素子は、円錐形の位置あわせ穴をもっているから、どのような大きさの球レンズも、そのレンズ直径に応じた傾斜面上の点Q、Rで支えることができる。

位置あわせ穴の断面は等脚台形になる。上面の2点をE、H、底面の2点をF、Gとする。EH = p、FG = qとする。

穴の深さを、hとする。

例えば、ここに、直径の異なる球レンズ11、11、11、が置かれたとしても、いずれも、中心Oが中心法線 ℓ 上にくるようになる。

どの球レンズについて説明しても同じであるが、例えば、最大の球レンズOが、傾斜面EF、GHと、Q、Rに於て接するとする。接点の軌跡はQRを直径とする円である。

線分QRの中点をMとする。球レンズの最下点

このような安定性の評価を用いると、安定性Sは

$$S = \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (9)$$

となる。これは球レンズの直径bを含まない。厳密にbを含まない。

(9)式は、円錐の位置あわせ穴に球レンズを嵌込む場合どのような直径であつても、位置決め安定性は、傾角 θ によるだけで一定だという事を述べている。

従つて、本発明の構造をもつ半導体発光素子は、1種類の半導体チップを用いて、必要な球レンズの直径を選定する事により、任意の光学系に対して最適の集光レンズを持つた半導体発光素子を作ることができる。

もちろん球レンズの直径が無制限であるわけではない。上限 b_1 と、下限 b_2 が存在する。上限については、第2図でQRがEHに一致するという条件から、

$$b_1 = \frac{p}{\sin \theta} \quad (10)$$

によつて与えられる。

下限については、第2図で球レンズが、底面であるFG面にも接触するという条件から、

$$b_2 = \frac{q}{\tan \frac{\theta}{2}} \quad (11)$$

によつて与えられる。

(4) 実施例

第1図に示すような半導体発光素子を作製した。作製の手順を具体的に説明する。これはInGaAsP発光ダイオードである。

まず、液相エピタキシャル成長法によつて、InP基板7の上に、n型InPクラッド層6、InGaAsP活性層5、p型InPクラッド層4、InGaAsPコンタクト層3を形成する。

次いで、プラズマCVD法でSi₃N₄膜2を形成する。

フォトリソグラフィにより、Si₃N₄膜2の中央に開口部を設け、拡散法により電極部分17を形成した。

この後、反応性イオンエッチングを行なつた。反応性イオンエッチングが少し進行した状態を第4図に示している。

反応性イオンエッチングの条件は、20%程度の塩素ガスを含むアルゴンガス中で、高周波入力0.75 W/cm²、ガス圧力3×10⁻² Torrであつた。この条件で、平均して毎分0.8 μm~1 μm程度のエッチングレートで、エッチングが進行した。

開口部周辺は、フォトレジストマスク20により保護されているので、レジストマスク自身のエッチングの進行速度に制限されて、エッチング速度が遅くなる。レジストマスク20は第4図に示すように、中心近くで薄く、周辺へ向つて厚くなっているから、中心の方が深くエッチングされ、周辺の方が薄くエッチングされる。

このため、InP基板7のエッチング面に傾斜が生じた。

予め化学的にエッチングした(第3図)中央穴の部分には、他の部分より深くまでエッチングが進行するから、最も深くなつた。

さらに、フォトリソグラフィと電子ビーム蒸着法により電極1を形成した。

次に、電極1の面を保護コートしたあと保護ガラス23に貼りつけた。

この後、化学エッチングにより、厚さ150 μmまで減厚した。

この時InP基板7が上面に露出している。

次いで、第3図に示すように、直径280 μmの開口を持つ金属マスク21を形成する。続いて、金属マスク21の上に、直径40 μmの開口をもつフォトレジストマスク20を形成する。

この後、等方性エッチング液(たとえば塩酸と過酸化水素と酢酸の混合液)を用い、中央穴33を形成するため約15 μmエッチングを行なつた。

これが、第3図に示した状態である。

再度、フォトリソグラフィにより、直径150 μmないし200 μmの開口を持つレジストマスクを形成した。これを高温ベークし、レジストマスクの端部をなだらかな斜面とした。第4図に現われるレジストマスク20のような形状になる。

この状態を第4図に示した。

中央穴33周辺の段差部は、エッチングが進行するにつれて、なだらかになつてきた。やがて、外周部の傾斜と滑らかにつながつた。

35分~40分間の反応性イオンエッチングにより、第1図に示したような逆円錐形の穴が得られた。

最外部の直径は280 μm、中央部の直径は40 μm、深さは55 μmであつた。第2図の記号で示すと、p=280 μm、q=40 μm、h=55 μmである。

傾斜角θは24.6°であつた。従つて、レンズ径が約190 μm~670 μmのものが使用できる。

位置合わせ穴14を形成した後、電子ビーム蒸着法により電極8を取り付ける。

さらに、パッケージにチップをマウントする。

この後、球レンズを取り付けた。

従来の方法では、大きな球レンズに対して、球レンズ取付時間は10~15分必要であつた。本発明ではどのような球レンズに対しても、取付時間は1分以内であつた。

位置決め効果は第2図に示すように、どのよう

なサイズの球レンズに対しても有効であつた。

位置合わせ精度も良好であつた。

さらに、従来の円板状(円柱状)の穴よりも、円錐斜面にそつて余分な接着剤が無理なく押し出されるので、作業性がよくなる、という利点がある事も分つた。

(イ) その他の実施例(傾斜角 θ が変化する)

中央穴33(第3図に現われる)をより深くした場合、或はエッチング速度を速めた場合など、エッチング条件によつては、第5図に示すように、傾斜角 θ がゆるやかに変動するラッパ状の断面を有する穴が形成される。

本発明は、このような形状の穴であつても同様に適用する事ができる。

(ロ) その他の実施例(角錐形状の穴)

位置合わせ穴の平面形状を多角形にする、つまり、角錐形状の穴にすると、余分な接着剤を底部からおし出す効果はいつそう良好であつた。角錐の稜線と球レンズの間に隙間が残るからである。

多角形の穴を形成するには、第3図、第4図の

状の穴を穿つ。方法は、第3図、第4図に示すものと同様であるが、この場合、円錐ではなく正三角錐の穴が生じる。劈開面は(110)、(011)、(101)であり、これらの面は(111)面に対し約55°をなす。この場合、化学エッチングだけでもこれら傾斜面を得ることができる。

しかし、位置合わせ穴の傾斜角 θ はあまり大きくなると、直径の大きなレンズに対して従来方法($\theta=90^\circ$ にあたる)のごとく、球レンズと位置合わせ穴の嵌込が浅くなる。

従つて、前記の結晶面を利用するような特殊な場合を除いては、 $10^\circ \sim 40^\circ$ 程度が望ましい。

既に述べたように、前記の実施例では、 $p=280\mu m$ 、 $q=40\mu m$ 、 $h=55\mu m$ 、 $\theta=24.6^\circ$ であつた。これはレンズ径が $190\mu m \sim 670\mu m$ のものまで使用できる。

第3図に於て中央穴33をより深くしておけば、第5図に示すようなより深い穴の形状になり、より小さい直径の球レンズに対しても使用可能になる。こうして、使用可能な球レンズ径の直径を50

マスク20、21、開口部33の形状を多角形にすればよい。

(ハ) その他の実施例($\theta=55^\circ$)

前述の実施例では、位置合わせ穴の傾斜角 θ は 24.6° であつた。

一般に、使用する球レンズ直径の範囲($200\mu m \sim 500\mu m$ 程度)と、位置決め効果を奏するために必要な深さから、傾斜角 θ は $20^\circ \sim 40^\circ$ 程度が使いやすい。

$\theta=55^\circ$ とする特別な場合がある。これは、ジंकブレンド(Zinc Blende)構造の結晶の特性を利用するものである。

Ⅲ-V族化合物半導体単結晶は、{110}に劈開面を有する。この面は<111>方向に対して、約55°の角をなす。

このような面の関係を用いて $\theta=55^\circ$ の穴を作ることができる。この方法を述べる。

(111)面方位をもつ結晶を用いて発光素子を作製する。この面に対して、正三角形に劈開面がある。そこで、この劈開方向にそつた正三角形

μm 程度にまで拡張する事ができる。

(ニ) 効 果

- (1) 定まつた形状、寸法の位置合わせ穴を穿つた一種類の発光素子チップに対して、どのような直径の球レンズであつても安定に取付ける事ができる。
- (2) 多品種の発光素子チップを作る必要がなく、能率的な生産を行なう事ができる。
- (3) レンズ取り付け精度が、レンズ径によらず、均一である。このため、製品の光学的品質が安定する。
- (4) 品質の安定した発光素子が安価に生産できる事になり、光通信などの光エレクトロニクス分野の発展に有効である。

(ホ) 適用範囲

ここでは、InGaAsP発光ダイオードを例として説明した。しかし、本発明はこれに限られるものではない。GaAlAs系、GaAsP系、AlGaAsP系などどのような半導体発光素子に対しても適用される。

結晶成長法は、液相エビタキシャル成長法だけでなく、気相エビタキシャル成長法(VPE)或は分子線エビタキシャル成長法(MBE)など任意の方法で作られた半導体発光素子に対して適用できる。

結局、適用されるべき発光素子チップ16は、pn接合を有し、電流を流すことにより、内部の発光部から光を生じ、面に直角方向に光を出射するもの、という事になる。

4 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例に係る半導体発光素子の縦断面図。

第2図は円錐形の位置あわせ穴を穿つた半導体チップに対し直径の異なる球レンズを位置決めできる事を示す説明図。

第3図は半導体チップをガラスに固定し、中央穴を形成した状態を示す断面図。

第4図は反応性イオンエッチングにより、傾斜面を有するマスクに応じて傾斜面を有する穴が形成された状態を示す半導体チップの断面図。

第5図は斜面の傾斜角が中央部に近づくに従って大きくなるように変化する位置あわせ穴の形状を示すための半導体発光素子の略断面図。

第6図は従来例に係る半導体発光素子の斜視図。

第7図は第6図のA-A断面図。

第8図は従来例に於て、球レンズが小さ過ぎる場合、光軸が傾く事を説明する半導体発光素子の断面図。

第9図は従来例に於て球レンズが大き過ぎる場合、穴による位置決めが困難である事を説明する半導体発光素子の断面図。

- 1 電 極
- 2 Si₃N₄膜
- 3 InGaAsP コンタクト層
- 4 p型InPクラッド層
- 5 InGaAsP 活性層
- 6 n型InPクラッド層
- 7 InP 基板
- 8 電 極
- 9 リードワイヤ

- 10 紫外線硬化樹脂
- 11 球 レ ン ズ
- 12 発 光 部
- 13 光 軸
- 14 位置あわせ穴
- 15 穴 の 頂 上
- 16 発光素子チップ
- 17 電 極 部 分
- 18 ずれた光軸
- 20 フोटレジストなど軟質のエッチングマスク
- 21 金属等の硬質のエッチングマスク
- 22 保 護 剤
- 23 保護ガラス
- 33 中 央 穴

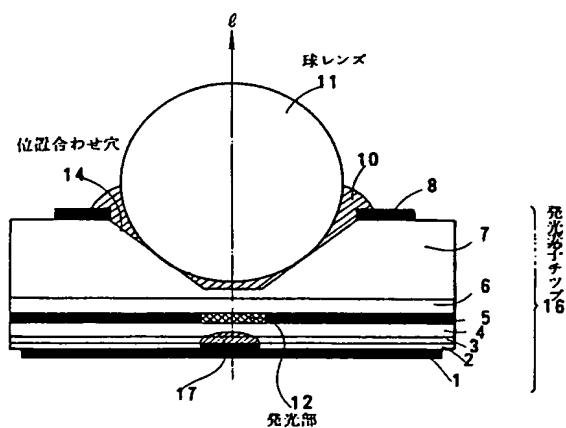
発 明 者 山 添 良 光

特許出願人 住友電気工業株式会社

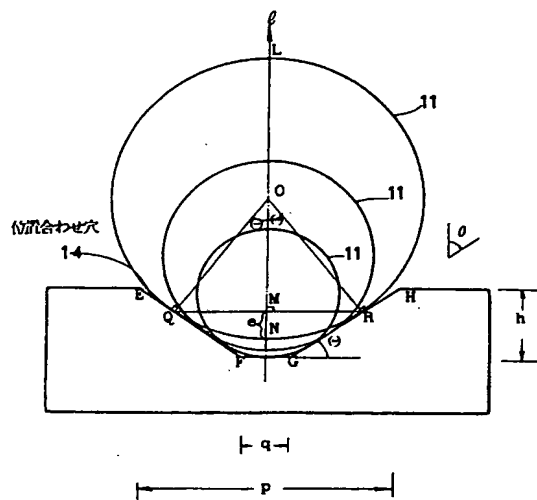
出願代理人 弁理士 川 瀬 茂 樹



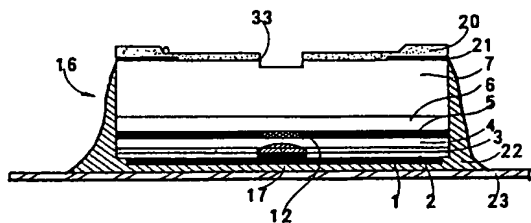
第 1 题



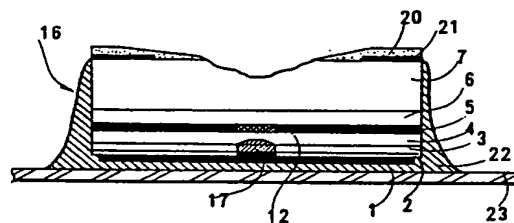
第 2 冊



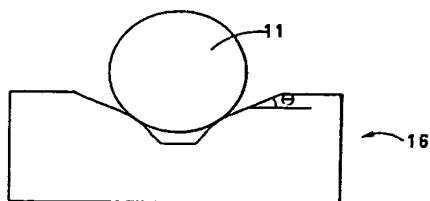
第 3 圖

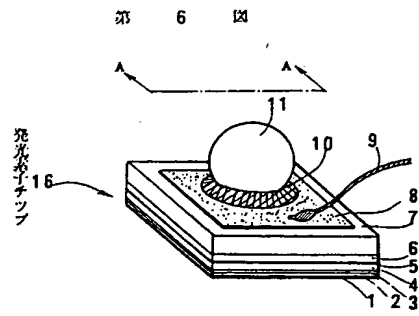


第 4 回

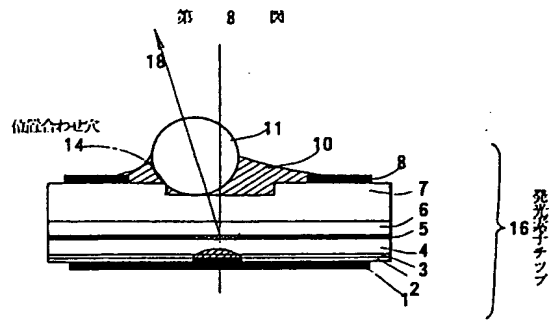
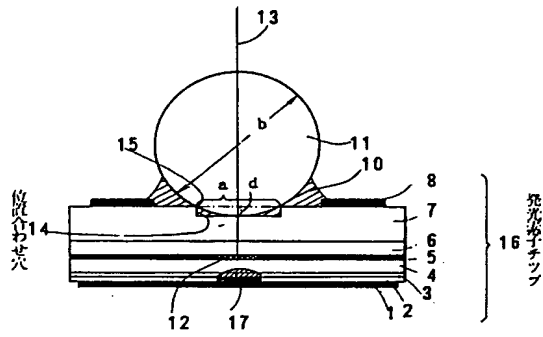


第 5 题

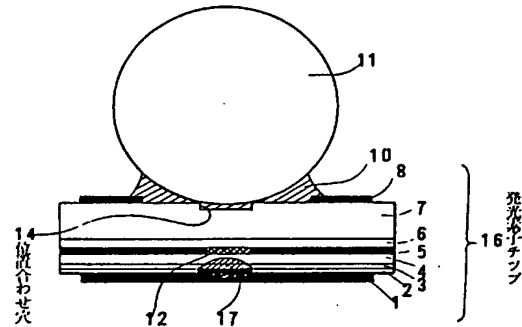




第 7 図



第 9 図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.